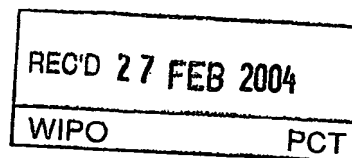


**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 07 307.8

**Anmeldetag:** 20. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine

**IPC:** F 02 D, F 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Januar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Klostermeyer

## Beschreibung

## Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einer Nockenwelle, deren Phase zu einer Kurbelwelle mittels einer Verstelleinrichtung verstellbar ist.
- 10 Aus der DE 101 08 055 C1 ist ein Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einer Nockenwelle bekannt, deren Phase zu einer Kurbelwelle mittels einer Verstelleinrichtung verstellbar ist. Die dort offenbarte Verstelleinrichtung ist ein Hydrauliksystem, mittels dessen die Phase zwischen der Kur-
- 15 belwelle und der Nockenwelle verstellbar ist. Derartige Verstelleinrichtungen werden in modernen Brennkraftmaschinen vielfach eingesetzt und dienen zum Einen zur Leistungssteigerung und zum Anderen zur Verringerung der Emission in der Brennkraftmaschine.
- 20 Bei dem aus der DE 101 08 055 C1 bekannten Verfahren wird zeitnah zu einem Start der Brennkraftmaschine ein Messwert der Phase zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle abhängig von erfassten Nocken- und Kurbelwellenwinkeln ermittelt. Ein vorgegebener Initialisierungswert wird aus einem Speicher eingelesen. Der Initialisierungswert der Phasenlage ist der Wert der Phase, den die Nockenwelle und Kurbelwelle zueinander haben, wenn alle mechanischen Teile in der vorgegebenen Weise zueinander angeordnet sind. Derartige Initialisierungs-
- 30 werte werden typischerweise von dem Hersteller der Brennkraftmaschine für alle Brennkraftmaschinen einer Serie fest vorgegeben und in den dafür vorgesehenen Steuereinrichtungen abgespeichert.
- 35 Ein Korrekturwert für die Phase wird dann zeitnah zum Start der Brennkraftmaschine abhängig von der Differenz des Initialisierungswertes und des Messwertes der Phase ermittelt. Im

weiteren Betrieb der Brennkraftmaschine wird dann die jeweils aktuelle Phase aus der Summe des Messwertes und des Korrekturwertes ermittelt. Bei dem bekannten Verfahren wird davon ausgegangen, dass Fehler in dem Messwert der Phase im wesentlichen auf die Toleranzen des Kurbelwellensensors und des Nockenwellensensors zurückzuführen sind. Es hat sich jedoch gezeigt, dass trotz dieser Korrekturen nicht immer ein gewünschter emissionsarmer Betrieb der Brennkraftmaschine gewährleistet ist.

Die Aufgabe der Erfindung ist, ein Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einer Nockenwelle zu schaffen, deren Phase zu einer Kurbelwelle mittels einer Verstelleinrichtung verstellbar ist, welches einen emissionsarmen Betrieb sicherstellt.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass sich während des Betriebs der Brennkraftmaschine bei einer starren Zuordnung des Initialisierungswertes zu einem Referenzwert während des Betriebs der Brennkraftmaschine ein Fehler beim Erzeugen des Stellsignals auftritt. Dabei hat sich überraschend gezeigt, dass Fehler nicht nur auf Toleranzen und Drifterscheinungen des Kurbelwellensensors und des Nockenwellensensors zurückzuführen sind, sondern auf Veränderungen oder Verschleiß im Bereich der Verstelleinrichtung oder auch weiteren Elementen, die zur Kopplung zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle dienen, wie einem entsprechenden Zahnrad oder einer Kette. So können erhebliche Veränderungen in der tatsächlichen Phasenlage zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle auftreten, die beispielsweise im Vergleich zu dem Initialisierungswert für die Phasenlage und bis zu  $\pm 15^\circ$  Kurbelwelle ausmachen können und so die Massenstromzufuhr in die Zylinder der Brennkraftmaschine erheblich beeinflussen.

Aufbauend auf dieser Erkenntnis wird gemäß des Gegenstands des unabhängigen Patentanspruchs ein Referenzwert der Phase in einer vorgegebenen Position der Verstelleinrichtung adaptiert, wenn eine vorgegebene Bedingung erfüllt ist. Im weiteren Betrieb der Brennkraftmaschine wird dann ein korrigierter Messwert der Phase abhängig von dem Referenzwert und einem Messwert der Phase ermittelt. So kann dann einfach sichergestellt werden, dass die Brennkraftmaschine emissionsarm betreibbar ist.

10

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die vorgegebene Bedingung erfüllt, wenn ein Kraftfahrzeug, in dem die Brennkraftmaschine anordenbar ist, eine vorgegebene Fahrdistanz seit der letzten Adaption zurückgelegt hat und vorgegebene Umgebungsbedingungen vorliegen. Diese Ausgestaltung der Bedingung zeichnet sich dadurch aus, dass sie ein einfaches und genaues Adaptieren mit angemessenem Rechenaufwand gewährleistet.

15

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Umgebungsbedingungen vorliegen, wenn die Temperatur der Brennkraftmaschine innerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt. Dies hat den Vorteil, dass bei der Adaption keine Verfälschung durch eine möglicherweise tatsächlich auftretende Temperaturdrift der Sensoren mit einfließt.

20

Wenn die Adaption zeitnah zum Start der Brennkraftmaschine erfolgt, so hat dies den Vorteil, dass die Verstelleinrichtung sich in der durch die Mechanik vorgegebenen Endposition befindet und so eine präzise Adaption des Referenzwertes gewährleistet ist.

30

Wenn die Adaption abhängig von einer Größe erfolgt, die die Belastung der Brennkraftmaschine charakterisiert, so kann dadurch einfach eine präzise Adaption erfolgen, da die Belas-

35

tung der Brennkraftmaschine maßgeblich verantwortlich ist für Veränderungen in der Referenzposition.

Das Verfahren wird dabei besonders einfach, wenn die Größe, die die Belastung der Brennkraftmaschine charakterisiert, die Fahrdistanz ist oder das Verfahren wird besonders präzise, wenn diese Größe eine die Vollastbeschleunigung charakterisierende Größe ist.

Besonders vorteilhaft ist, wenn die die Belastung der Brennkraftmaschine charakterisierende Größe eine die Laufunruhe charakterisierende Größe ist. Dadurch wird das Verfahren besonders präzise und kann auf eine Größe zurückgreifen, die für andere Steuerungs- oder Diagnosefunktionen der Brennkraftmaschine in einer Steuerung der Brennkraftmaschine ohnehin berechnet wird.

Besonders einfach wird das Verfahren auch, wenn die Größe, die die Belastung der Brennkraftmaschine die Betriebszeitdauer der Brennkraftmaschine ist.

Besonders vorteilhaft ist auch, wenn die Diagnose der Brennkraftmaschine erfolgt abhängig von dem adaptierten Referenzwert oder einem die Adaption bestimmenden Wert, so ist gleichzeitig noch eine genaue Diagnose ermöglicht mit einem Wert, der mit dem Verfahren ohnehin berechnet wird.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Brennkraftmaschine mit einer Steuereinrichtung, in der das Verfahren zum Steuern der Brennkraftmaschine abgearbeitet wird,

Figur 2 eine der Brennkraftmaschine gemäß Figur 1 zugeordnete Verstelleinrichtung zum Verstellen der Phase zwischen einer Nockenwelle und einer Kurbelwelle,

Figur 3 Ventilhubverlaufkurven der Gaswechselventile, aufgetragen über den Kurbelwellenwinkel,

Figur 4 ein Ablaufdiagramm eines Programms eines Teils des Verfahrens zum Steuern der Brennkraftmaschine,

5 Figur 5, 6 ein Ablaufdiagramm eines Programms eines weiteren Teils des Verfahrens zum Steuern der Brennkraftmaschine,

Figur 7 ein Programm eines Verfahrens zur Diagnose der Brennkraftmaschine.

10

Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion werden figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

15 Eine Brennkraftmaschine (siehe Figur 1) umfasst einen Ansaugtrakt 1, einen Motorblock 2, einen Zylinderkopf 3 und einen Abgastrakt 4. Der Ansaugtrakt umfasst vorzugsweise eine Drosselklappe 11, ferner einen Sammler 12 und ein Saugrohr 13, das hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in den Motorblock geführt ist. Der Motorblock umfasst ferner eine  
20 Kurbelwelle 21, welche über eine Pleuelstange mit dem Kolben des Zylinders Z1 gekoppelt ist.

Der Zylinderkopf umfasst einen Ventiltrieb mit einem Einlassventil 30, einem Auslassventil 31 und Ventilantrieben 32, 33. Der Antrieb des Gaseinlassventils 30 und des Gasauslassventils 31 erfolgt dabei vorzugsweise mittels einer Nockenwelle 36 (siehe Figur 2) oder gegebenenfalls mittels zweier Nockenwellen, wobei je eine dem Gaseinlassventil 30 und dem Gasauslassventil 31 zugeordnet ist. Der Antrieb für das Gaseinlassventil 30 und/ oder das Gasauslassventil 31 umfasst vorzugsweise neben der Nockenwelle 36 eine Verstelleinrichtung 37, die einerseits mit der Nockenwelle 36 und andererseits mit der Kurbelwelle 21 gekoppelt ist, z. B. über Zahnkränze, die über eine Kette miteinander gekoppelt sind. Mittels der Verstelleinrichtung kann die Phase zwischen der Kurbelwelle 21 und der Nockenwelle 36 verstellt werden. Dies erfolgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch Erhöhen des Drucks in den  
30  
35

Hochdruckkammern 38 der Verstelleinrichtung 37 bzw. Erniedrigen des entsprechenden Drucks je nachdem in welche Richtung die Verstellung erfolgen soll. Der mögliche Verstellbereich ist in der Figur 2 mit dem Pfeil 39 gekennzeichnet.

5

Die gestrichelt dargestellten Ventilerhebungskurven 46, 47 (Figur 3) der Einlassventile 30 und Auslassventile 31 zeigen den Fall, in dem sie mit dem Initialisierungswert übereinstimmen. Während des Betriebs der Brennkraftmaschine können sich diese Ventilerhebungskurven jedoch hin zu den Ventilerhebungskurven 45 und 48 verändern. Dies hat zur Folge, dass in der Endposition des Verstellantriebs dann die Ventilüberschneidung zwischen dem Gaseinlass- und Gasauslassventilen unterschiedlich sein kann zu der ursprünglichen Ventilüberschneidung und auch deren Phasen oder deren Lage bezogen auf den Kurbelwellenwinkel verschoben sein kann.

15

Versuche haben ergeben, dass sich dabei eine Verschiebung bis zu  $\pm 15^\circ$  Kurbelwelle ergeben können. Derartige Verschiebungen führen dann zu veränderten Gaswechselfvorgängen und veränderten Brennvorgängen, wodurch dann ohne das im folgenden geschilderte Verfahren nicht mehr sichergestellt werden kann, dass das gewünschte Drehmoment einerseits eingestellt wird und andererseits ein emissionsarmer Betrieb der Brennkraftmaschine gewährleistet ist.

20

5

Der Zylinderkopf 3 (Figur 1) umfasst ferner ein Einspritzventil 34 und eine Zündkerze 35. Alternativ kann das Einspritzventil auch in dem Ansaugkanal angeordnet sein.

30

In dem Abgastrakt ist ein Katalysator 40 angeordnet. Ferner ist eine Steuereinrichtung 6 vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Messwert der Messgröße ermitteln. Die Steuereinrichtung 6 ermittelt abhängig von mindestens einer der Messgrößen Stellgrößen, die dann in ein oder mehrere Stellsignale zum Steuern

35

der Stellglieder mittels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden.

Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber 71, welche die  
5 Stellung eines Fahrpedals erfasst, ein Luftmassenmesser 14,  
welcher eine Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe  
11 erfasst, ein Temperatursensor 15, welche die Ansaugluft-  
temperatur erfasst, ein Drucksensor 16, welcher den Saugrohr-  
10 druck erfasst, ein Kurbelwellenwinkelsensor 22, welcher einen  
Kurbelwellenwinkel CAM erfasst, ein weiterer Temperatursensor  
23, welcher eine Kühlmitteltemperatur erfasst, ein Nockenwel-  
lensensor 36, welcher den Nockenwellenwinkel CRK erfasst und  
eine Sauerstoffsonde 41, die den Restsauerstoffgehalt des Ab-  
15 gases in dem Abgastrakt 4 erfasst und diesem eine Luftzahl  
zuordnet. Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine be-  
liebige Untermenge der genannten Sensoren oder auch zusätzli-  
che Sensoren vorhanden sein.

Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe 11,  
20 die Gaseinlass- und Gasauslassventile 30, 31, das Einspritz-  
ventil 34, die Zündkerze 35. Sie werden mittels elektrischer,  
elektromechanischer, hydraulischer, mechanischer Piezo oder  
weiterer dem Fachmann bekannter Stellantriebe angesteuert. Im  
folgenden wird auf die Stellantriebe und Stellglieder mit  
Stellglieder Bezug genommen.

Neben dem detailliert dargestellten Zylinder Z1 sind in der  
Brennkraftmaschine in der Regel noch weitere Zylinder Z2 bis  
24 vorhanden, denen dann entsprechende Saugrohre, Abgaskanäle  
30 und Stellglieder zugeordnet sind.

Figur 4 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Programms eines ersten  
Teils des Verfahrens zum Steuern der Brennkraftmaschine. Das  
Programm wird in einem Schritt S1 gestartet und zwar vorzugs-  
35 weise dann, wenn die Brennkraftmaschine fertig montiert ist  
und einem Endtest unterzogen wird, der sogenannte Bandende-  
Test. Es ist jedoch auch vorteilhaft, das Verfahren jeweils

dann zu starten, wenn mechanische Eingriffe in die Kurbelwelle 21, die Nockenwelle 36, die Verstelleinrichtung 37 oder in sonstige zur Kopplung zwischen der Kurbelwelle 21 und der Nockenwelle 36 dienende Teile erfolgt ist. Ein derartiger Fall  
5 ist beispielsweise dann gegeben, wenn die Kette, über die die Kurbelwelle mit der Nockenwelle gekoppelt ist, ausgetauscht wird oder nachgespannt worden ist.

10 In einem Schritt S2 wird ein Messwert der Phase abhängig von den durch den Nockenwellensensor 36a und den Kurbelwellenwinkelsensor 22 ermittelten Messwerten des Nockenwellenwinkels CAM und des Kurbelwellenwinkels CRK berechnet. Die Phase zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle wird dabei bezogen auf Grad-Kurbelwelle, den oberen Totpunkt TDC des jeweils dem  
15 Zylinder Z1 zugeordneten Kolbens und dem Scheitelpunkt der Ventilerhebung VL des Einlassventils 30 bzw. des Auslassventils 31. Das Erfassen des Messwertes PH\_S der Phase erfolgt in dem Schritt S2 unter vorgegebenen Umgebungsbedingungen, vorzugsweise bei einer vorgegebenen Temperatur der Brennkraftmaschine.  
20

In einem Schritt S3 wird geprüft, ob der Messwert PH\_S mehr als ein erster Schwellenwert HYS von dem Initialisierungswert PH\_INI der Phase abweicht. Der Initialisierungswert PH\_INI  
5 ist ein vorgegebener Wert der Phase für mehrere baugleiche Brennkraftmaschinen, also beispielsweise eine Serie von Brennkraftmaschinen. Der Initialisierungswert PH\_INI der Phase wird idealerweise von allen Brennkraftmaschinen eingenommen, wenn sich die Verstelleinrichtung an ihrem Endanschlag  
30 befindet, der durch den Fußpunkt des Pfeils 39 in Figur 2 vorgegeben ist.

Überschreitet die Abweichung in dem Schritt S3 den Schwellenwert HYS, so wird in einem Schritt S4 ein Notlaufbetrieb der  
35 Brennkraftmaschine gesteuert, in dem nur noch ein eingeschränkter Betrieb der Brennkraftmaschine ermöglicht wird. Erfolgt der Start des Programms in dem Schritt S1 während ei-

nes Bandende-Tests, so kann in dem Schritt S8 durch geeignete Mittel auch signalisiert werden, dass die Brennkraftmaschine nicht ordnungsgemäß montiert ist oder nicht funktionsfähig ist.

5

Ist die Bedingung des Schrittes S3 jedoch nicht erfüllt, so wird in einem Schritt S5 dem Initialisierungswert PH\_INI der Messwert PH\_S zugeordnet. Dadurch wird dann die bei der jeweiligen individuellen Brennkraftmaschine vorhandene Phase im Endanschlag der Verstelleinrichtung 37 präzise gespeichert. In einem Schritt S6 wird das Programm dann beendet.

10

15

Ein Programm für einen weiteren Teil des Verfahrens zum Steuern der Brennkraftmaschine wird in einem Schritt S7 (siehe Figur 5) gestartet.

20

30

In einem Schritt S8 wird ein Messwert PH\_S der Phase abhängig von den erfassten Kurbelwellenwinkeln CRK und Nockenwellenwinkeln CAM ermittelt. In einem Schritt S9 wird geprüft, ob eine Aktualisierungsbedingung UPD erfüllt ist. Dabei wird vorzugsweise geprüft, ob die Brennkraftmaschine zeitnah gestartet wurde, also ob sie sich noch innerhalb der ersten Umdrehungen der Kurbelwelle befindet. Ferner wird geprüft, ob eine Mindestanzahl an gefahrenen Kilometern seit der letzten Adaption eines Referenzwertes PH\_AD erreicht wurden. Schließlich wird noch geprüft, ob gegebene Umgebungsbedingungen, wie vorzugsweise eine vorgegebene Temperatur der Brennkraftmaschine, eingehalten sind. Die Temperatur der Brennkraftmaschine wird dabei vorzugsweise abhängig von der erfassten Kühlmitteltemperatur ermittelt.

35

Sind die Bedingungen des Schrittes S9 erfüllt, so wird in einem Schritt S10 ein Adaptionswert AD ermittelt. Das in eckigen Klammern aufgenommene n bedeutet jeweils, dass der zugeordnete Wert für den aktuellen Berechnungsdurchlauf als neuer Wert gültig ist, n-1 bedeutet hingegen, dass der entsprechen-

de Wert im vergangenen Berechnungsdurchlauf der aktuelle Wert war.

Der Adaptionwert wird in dem Schritt S10 abhängig von dem  
5 Adaptionwert aus dem vergangenen Berechnungsdurchlauf,  
und/oder einer Fahrdistanz DIST und/ oder einer Anzahl an  
Volllastbeschleunigungen LJ und/ oder einer Betriebsdauer LT  
ermittelt. Es kann auch zusätzlich oder ausschließlich abhän-  
10 gig von einer die Laufunruhe der Brennkraftmaschine charakte-  
risierenden Größe oder einer anderen die Belastung der Brenn-  
kraftmaschine über ihre Betriebsdauer charakterisierende Grö-  
ße ermittelt werden. In einem Schritt S11 wird dann ein Refer-  
enzwert PH\_AD für die Phase der Kurbelwelle und der Nocken-  
15 welle in der Endposition der Verstelleinrichtung 37 aus der  
Summe des Initialisierungswertes und des aktuellen Adaption-  
wertes AD ermittelt.

In einem Schritt S12 wird dann ein Korrekturwert PH\_COR ab-  
hängig von dem Referenzwert PH\_AD und dem Messwert PH\_S der  
20 Phase ermittelt. Durch diesen Korrekturwert PH\_COR werden  
dann Temperatur und sonstige Sensorfehler einfach zusätzlich  
kompensiert. Der Schritt S12 wird auch abgearbeitet, wenn die  
Bedingungen des Schrittes S9 nicht erfüllt sind.

5 Konkrete Ausgestaltungen der Ermittlung des Adaptionwertes  
AD in dem Schritt S10 sind in den Schritten S13 bis S16 dar-  
gestellt. So wird der Adaptionwert beispielsweise mittels  
der in dem Schritt S13 angegebenen Formel ermittelt, wobei  
Min eine Minimalauswahl zwischen den beiden durch Kommata ge-  
30 trennten Termen darstellt. Der zweite Term der Minimalauswahl  
ist die Differenz zweier Werte, die abhängig von der Fahrdis-  
tanz im aktuellen Berechnungszeitpunkt und im vorangegangenen  
Berechnungszeitpunkt ermittelt werden und somit eine maximale  
Änderung des Adaptionwertes AD zwischen zwei aufeinanderfol-  
35 genden Adaptionen darstellen. Diese Werte sind dabei vorzugs-  
weise durch entsprechende Fahrversuche und/oder eine entspre-  
chende Modellbildung ermittelt und vorzugsweise in einem

Kennfeld abgelegt. Durch dieses Vorgehen ist auf einfache Weise gewährleistet, dass die Änderung des Adaptionwertes AD in dem Schritt S13 betragsmäßig auf eine durch eine Modellbildung vorgegebene maximale Änderung begrenzt wird.

5

Das Vorgehen gemäß des Schrittes S14 bei der Ermittlung des Adaptionwertes AD unterscheidet sich vom dem des Schrittes S13 dadurch, dass der zweite Term der Minimalauswahl ein Wert ist, der ermittelt wird abhängig von der Differenz der aktuellen Fahrdistanz DIST und der in dem letzten Durchlauf des Schrittes S14 vorhandenen Fahrdistanz DIST ermittelt wird. Der Wert stellt auch einen Modellwert dar, wobei hier im Gegensatz zum Schritt S13 nicht die absoluten Fahrdistanzen maßgeblich sind, sondern nur die relativen Fahrdistanzen berücksichtigt werden. Auch hier erfolgt die Berechnung des Wertes vorzugsweise mittels eines Kennfeldes.

10

15

In dem Schritt S15 und S16 erfolgt die Berechnung des Adaptionwertes mittels einer PT1-Filterung. Dazu wird zu dem in dem letzten Durchlauf des Schrittes S15 ermittelten Adaptionwert ein Term hinzu addiert, der einen Wichtungswert enthält, der abhängig ist von der Differenz der Fahrdistanz DIST im aktuellen Berechnungszeitpunkt und der bei dem letzten Berechnungsdurchlauf des Schrittes S15. Dieser Wichtungswert wird multipliziert mit der Differenz der Abweichung des aktuellen Messwertes PH\_S und Initialisierungswertes PH\_INI und des Adaptionwertes beim vorangegangenen Berechnungsdurchlauf des Schrittes S15. Der Wichtungsfaktor wird dabei vorzugsweise aus einem in der Steuereinrichtung 6 abgespeicherten Kennfeld ermittelt, das durch Fahrversuche oder am Motorprüfstand ermittelt wurde.

20

30

Der Schritt S16 unterscheidet sich von dem Schritt S15 dadurch, dass der Wichtungsfaktor zusätzlich oder alternativ abhängig von einer die Volllastbeschleunigungen kennzeichnenden Größe, also beispielsweise deren Anzahl ermittelt wird. Die in den Schritten S13 bis S16 beschriebenen Vorgehenswei-

35

sen zur Ermittlung des Adaptionswertes haben jeweils den Vorteil, dass die jeweiligen dort relevanten Größen einen Einfluss auf die Veränderung der Referenzposition haben und somit zu einer genauen und präzisen Adaption beitragen.

5

In einem Schritt S17 (siehe Figur 6), der auf den Schritt S12 folgt, geht das Programm in einen Wartezustand, bis eine vorgegebene Zeitdauer abgelaufen ist oder die Kurbelwelle sich um einen vorgegebenen Winkel weiterbewegt hat. In diesem Zustand wird das Programm vorzugsweise unterbrochen und die Rechnerleistung der Steuereinrichtung 6 anderen Programmen zur Verfügung gestellt.

10

In einem Schritt S18 wird dann ein Messwert PH\_S der Phase abhängig von dem Nockenwellenwinkel CAM und dem Kurbelwellenwinkel CRK ermittelt. In einem Schritt S19 wird dann ein korrigierter Messwert PH\_AKT aus der Summe des Messwerts PH\_S und des Korrekturwerts PH\_COR ermittelt.

15

In einem Schritt S20 wird dann ein Stellsignal SG zum Steuern der Brennkraftmaschine, abhängig von dem korrigierten Messwert PH\_AKT ermittelt. Dies erfolgt beispielsweise mittels eines sogenannten Saugrohrmodells, das über entsprechende Beobachter-Gleichungen einen Schätzwert der in den Zylinder Z1 zugemessenen Luftmasse ermittelt abhängig von dem korrigierten Messwert PH\_AKT der Phase zwischen der Kurbelwelle 21 und der Nockenwelle 36 und weiteren Messgrößen, wie dem erfassten Luftmassenstrom, den Drosselklappenöffnungsgrad, der Temperatur der Ansaugluft und gegebenenfalls dem erfassten Saugrohrdruck. Abhängig von dem Schätzwert der in dem Zylinder Z1 zugemessenen Luftmasse wird dann eine gewünschte Kraftstoffmasse ermittelt und das Einspritzventil 34 dann mittels eines entsprechenden Stellsignals angesteuert. In einem Schritt S21 wird anschließend geprüft, ob eine Abbruchbedingung des Programms erfüllt ist. Diese kann beispielsweise darin bestehen, dass die Brennkraftmaschine gestoppt wird. Ist die Bedingung des Schrittes S19 erfüllt, so wird das Programm in dem

30

35

Schritt S22 beendet. Andernfalls wird das Programm in dem Schritt S17 fortgesetzt.

Mittels des in der Figur 7 dargestellten Programms erfolgt  
5 eine Diagnose der Brennkraftmaschine. Das Programm wird in  
einem Schritt S23 gestartet. In einem Schritt S24 wird ge-  
prüft, ob der aktuelle Adaptionswert größer als ein weiterer  
Schwellenwert SWA ist. Der weitere Schwellenwert SWA ist fest  
10 vorgegeben und vorzugsweise durch Versuche an einem Motor-  
prüfstand oder im Fahrbetrieb ermittelt. Ist die Bedingung  
des Schrittes S24 erfüllt, so wird in einem Schritt S25 die  
Brennkraftmaschine in einem Betriebszustand des Notlaufs ver-  
setzt. Ist die Bedingung des Schrittes S24 hingegen nicht er-  
füllt, so wird das Programm in dem Schritt S26 beendet. Al-  
15 ternativ zu dem Schritt S24 kann auch ein Schritt S27 vorge-  
sehen sein, in dem geprüft wird, ob die Änderung der Adapti-  
onswerte von einem Berechnungszeitpunkt des Adaptionswertes  
hin zu dem nächsten Berechnungszeitpunkt einen vorgegebenen  
weiteren Schwellenwert SWB überschreitet. Ist dies der Fall,  
20 so wird in dem Schritt S25 die Brennkraftmaschine in den Be-  
triebszustand des Notlaufs gesteuert. Andernfalls wird das  
Programm in dem Schritt S26 beendet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einer Nockenwelle (36), deren Phase zu einer Kurbelwelle (21) mittels einer Verstelleinrichtung (37) verstellbar ist, mit einem Kurbelwellensensor (22), der den Kurbelwellenwinkel (CRK) erfasst und mit einem Nockenwellensensor (36a), der den Nockenwellenwinkel (CAM) erfasst, mit folgenden Schritten
  - ein Referenzwert (PH\_AD) der Phase wird in einer vorgegebenen Position der Verstelleinrichtung (37) adaptiert, wenn eine vorgegebene Bedingung erfüllt ist,
  - ein Messwert (PH\_S) der Phase wird abhängig von dem erfassten Kurbelwellenwinkel (CRK) und Nockenwellenwinkel (CAM) ermittelt,
  - ein korrigierter Messwert (PH\_AKT) der Phase wird abhängig von dem Referenzwert (PH\_INI) und dem Messwert (PH\_S) der Phase ermittelt,
  - ein Stellsignal (SG) zum Steuern der Brennkraftmaschine wird abhängig von dem korrigierten Messwert (PH\_COR) ermittelt.
2. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgegebene Bedingung erfüllt ist, wenn ein Kraftfahrzeug, in dem die Brennkraftmaschine anordenbar ist, eine vorgegebene Fahrdistanz (DIST) seit der letzten Adaption zurückgelegt hat und vorgegebene Umgebungsbedingungen vorliegen.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Umgebungsbedingungen vorliegen, wenn die Temperatur der Brennkraftmaschine innerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Adaption zeitnah zum Start der Brennkraftmaschine erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Adaption abhängig von einer Größe erfolgt, die die Belastung der Brennkraftmaschine charakterisiert.

5

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe, die die Belastung der Brennkraftmaschine charakterisiert, die Fahrdistanz (DIST) ist.

10

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe, die die Belastung der Brennkraftmaschine charakterisiert, eine die Volllastbeschleunigungen charakterisierende Größe ist.

15

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe, die Belastungen der Brennkraftmaschine charakterisiert, eine die Laufunruhe charakterisierende Größe ist.

20

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe, die die Belastung der Brennkraftmaschine charakterisiert, die Betriebszeitdauer (LT) der Brennkraftmaschine ist.

5

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Diagnose der Brennkraftmaschine erfolgt abhängig von dem adaptierten Referenzwert (PH\_AD) oder einem die Adaption bestimmenden Wert.

## Zusammenfassung

## Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine

- 5 Eine Brennkraftmaschine hat eine Nockenwelle, deren Phase zu einer Kurbelwelle mittels einer Verstelleinrichtung verstellbar ist. Ferner ist ein Kurbelwellensensor vorgesehen, der den Kurbelwellenwinkel (CRK) erfasst und ein Nockenwellensensor, der den Nockenwellenwinkel (CAM) erfasst. Das Verfahren
- 10 umfasst folgende Schritte:  
Ein Referenzwert (PH\_AD) der Phase wird in einer vorgegebenen Position der Verstelleinrichtung adaptiert, wenn eine vorgegebene Bedingung erfüllt ist. Ein Messwert (PH\_S) der Phase wird abhängig von dem erfassten Kurbelwellenwinkel (CRK) und
- 15 Nockenwellenwinkel (CAM) ermittelt. Ein korrigierter Messwert der Phase wird abhängig von dem Referenzwert (PH\_AD) und dem Messwert (PH\_S) der Phase ermittelt. Ein Stellsignal zum Steuern der Brennkraftmaschine wird abhängig von dem korrigierten Messwert ermittelt.

20

Figur 5

FIG 1

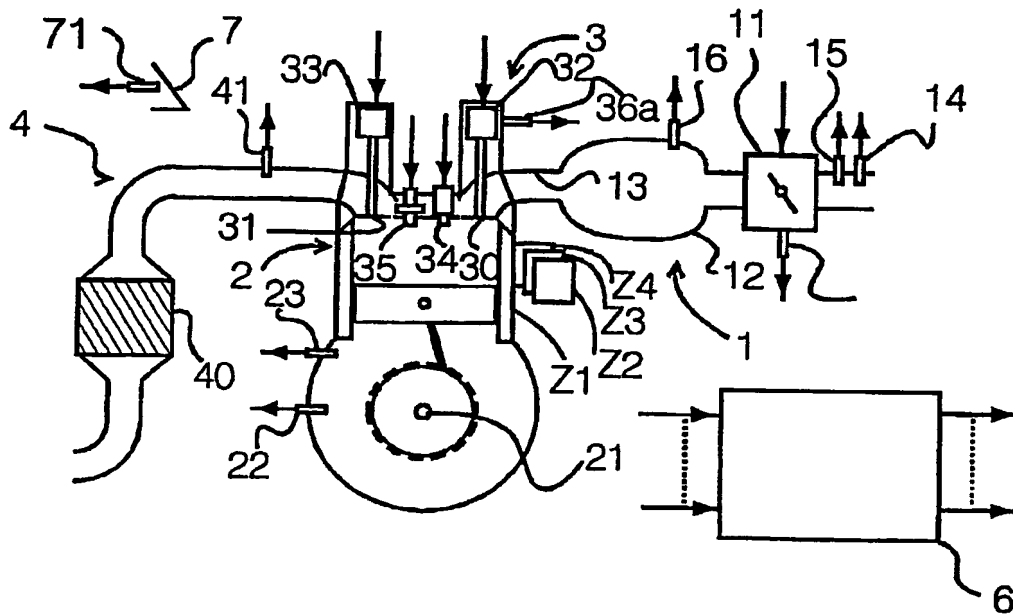


FIG 4

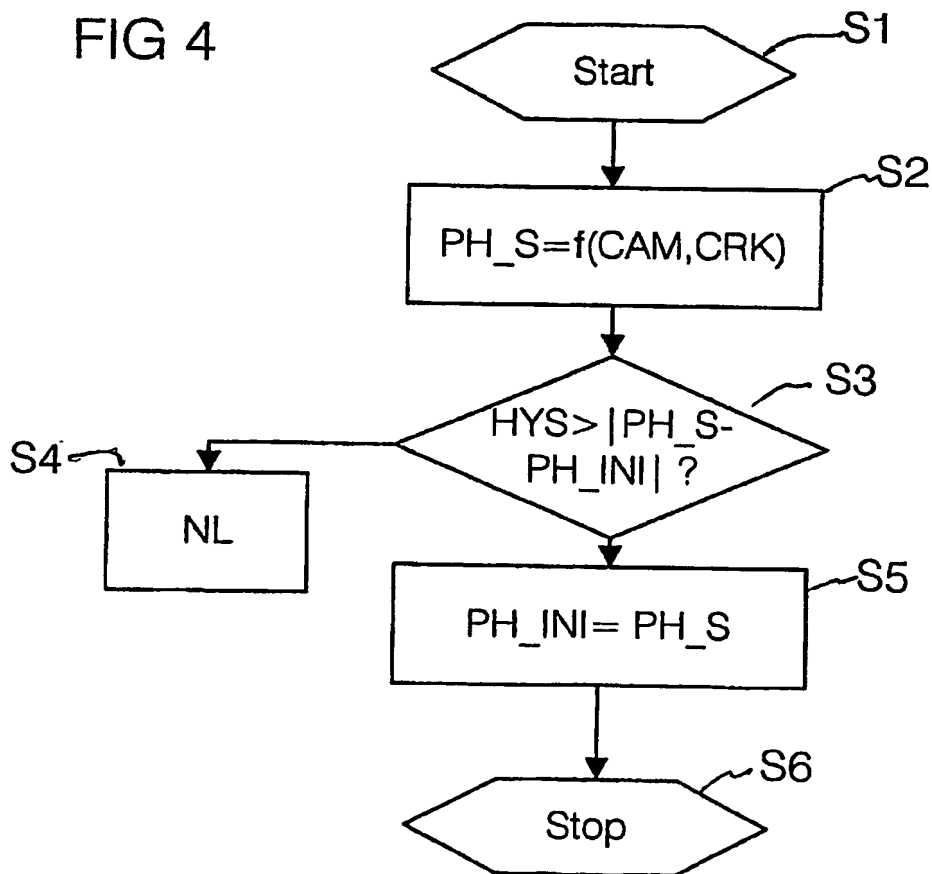


FIG 2

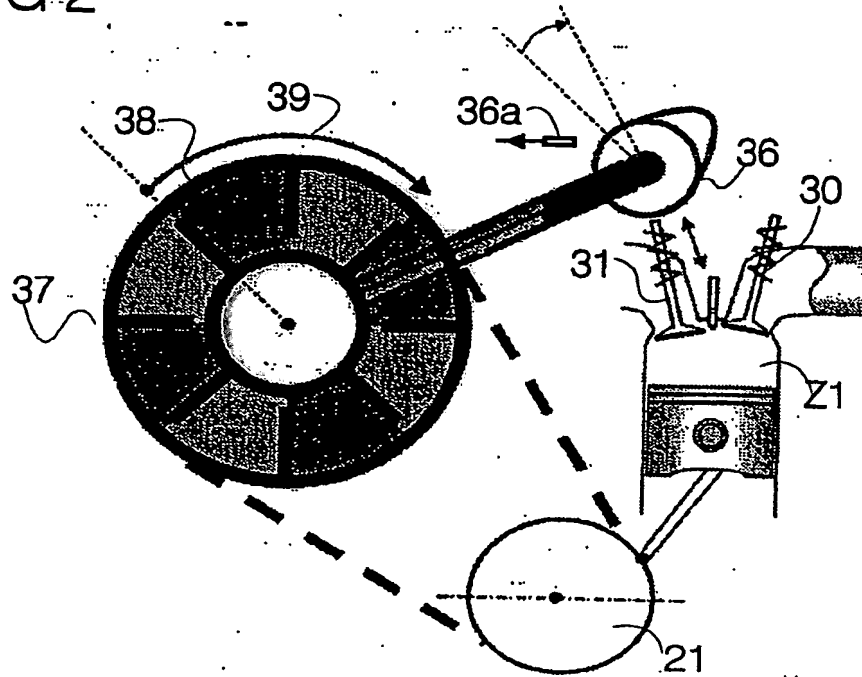


FIG 3

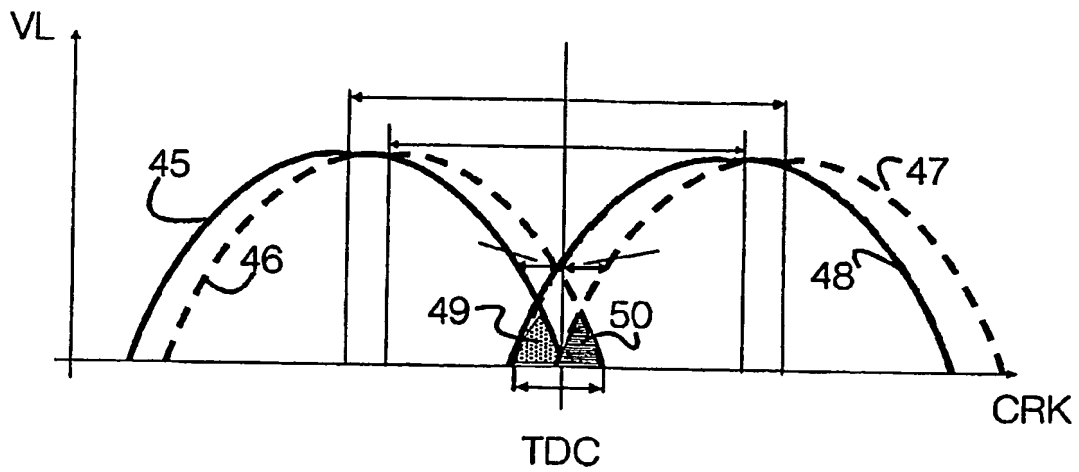


FIG 5

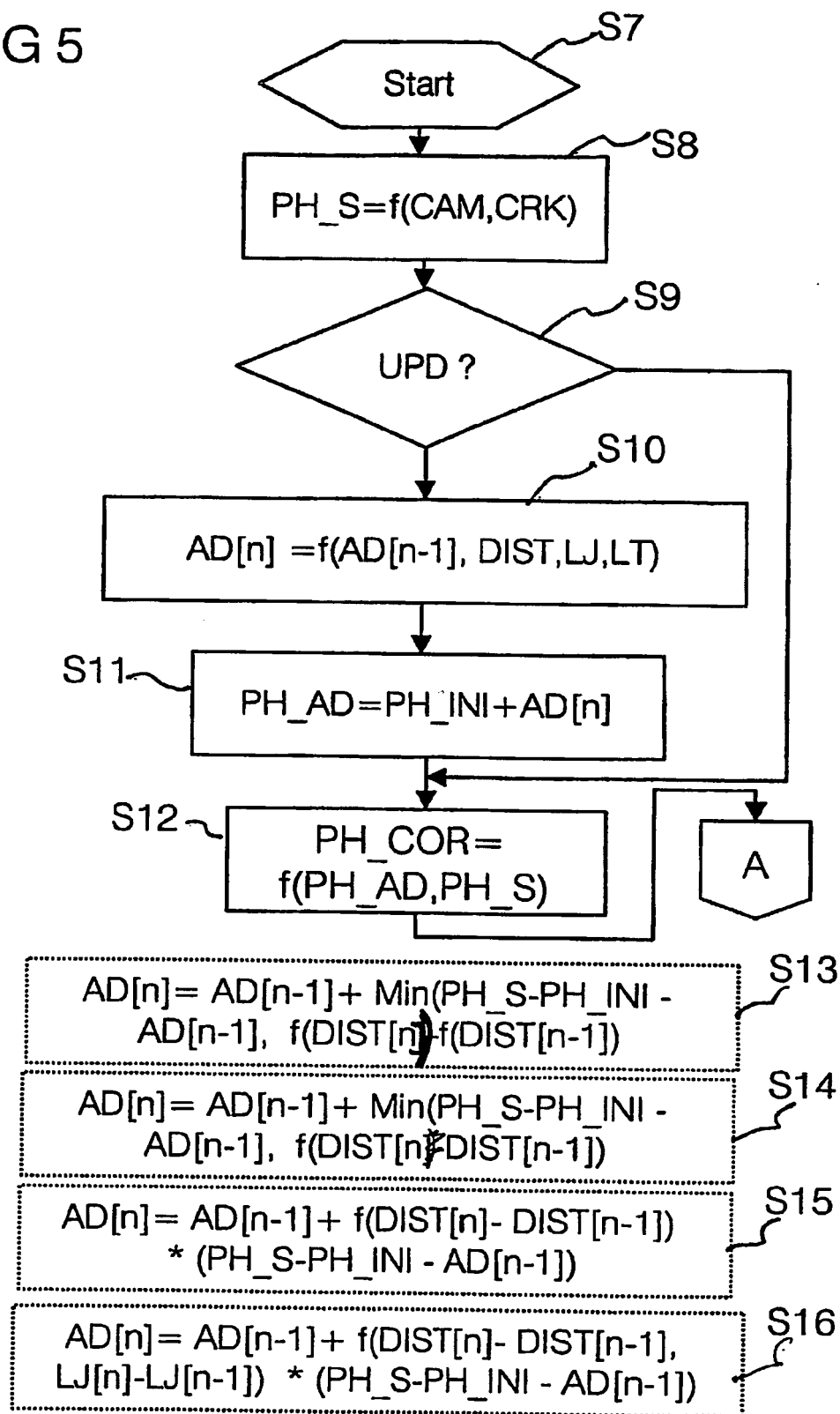


FIG 6

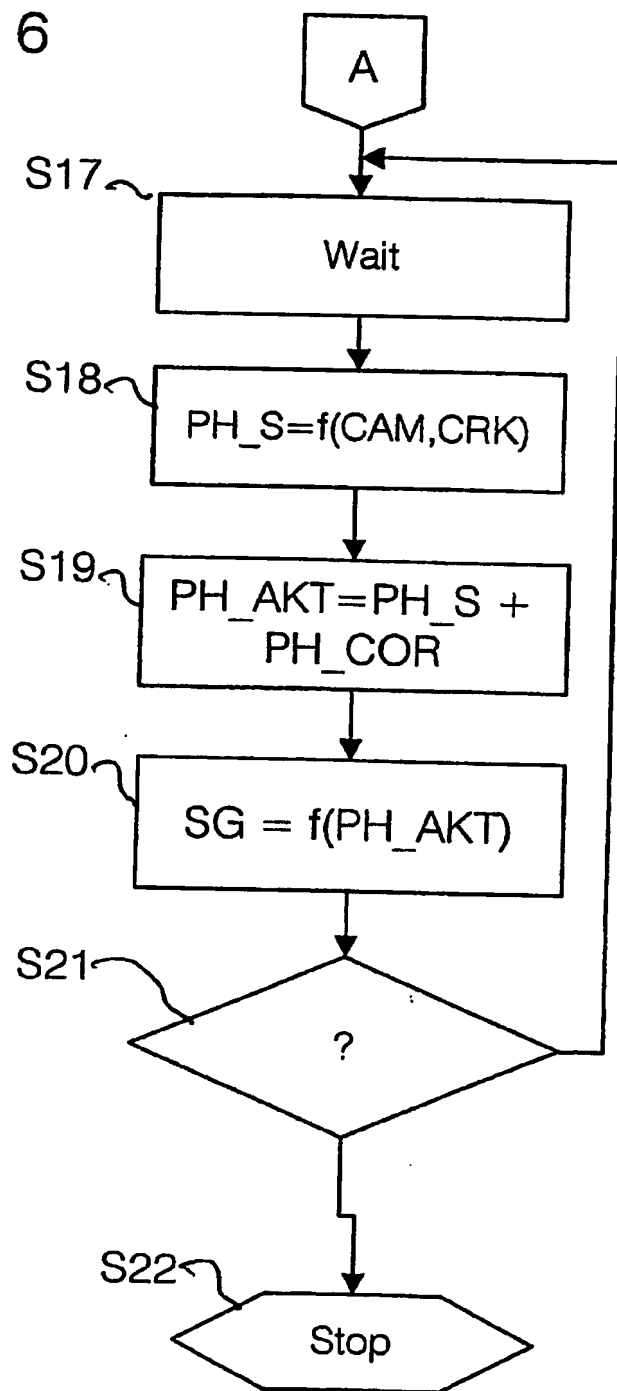
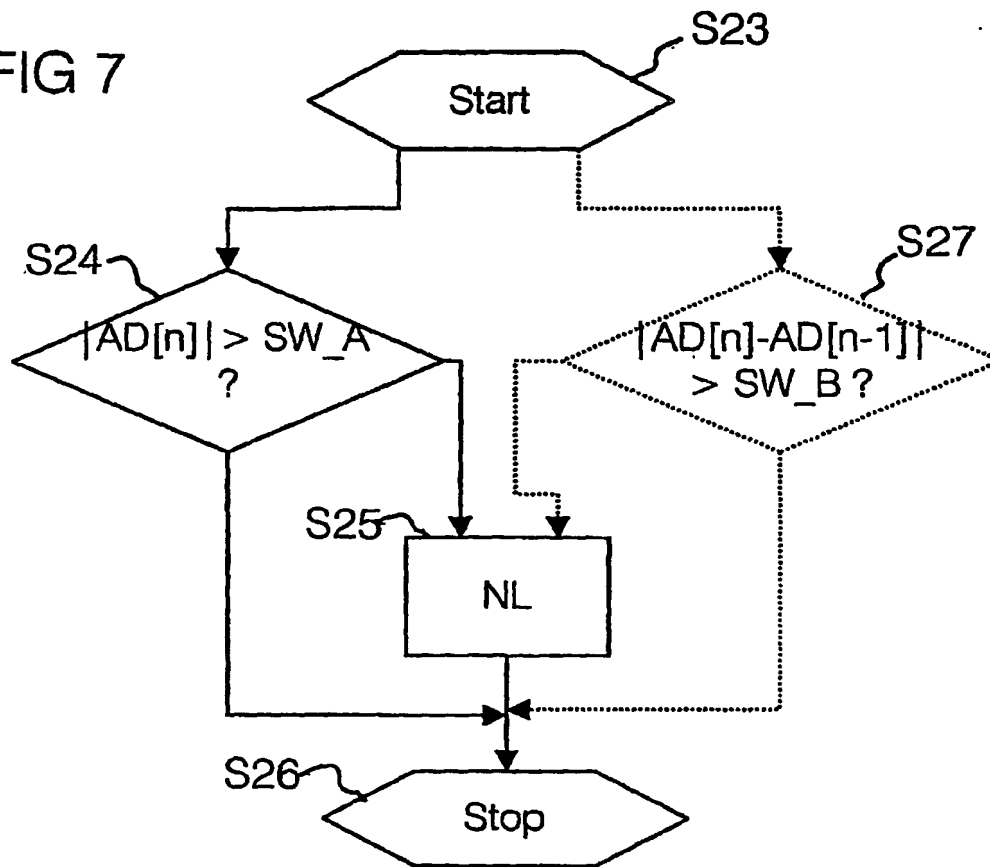


FIG 7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**